

# ESSAIS SUR BETON FRAIS

## INTRODUCTION

Les méthodes de calcul de la composition du béton sont nombreuses et il n'existe pas de méthode qui soit universellement reconnue comme étant la meilleure. Une composition de béton est toujours le résultat d'un compromis entre une série d'exigences généralement contradictoires. Une méthode de composition du béton pourra être considérée comme satisfaisante si elle permet de réaliser un béton répondant aux exigences suivantes :

- Le béton doit présenter, après durcissement, une certaine résistance,
- Le béton frais doit pouvoir facilement être mise en œuvre (ouvrabilité),
- Le béton doit présenter un faible retrait et fluage peu important,
- Le coût du béton doit rester le plus bas possible,

Parmi les méthodes de composition les plus connues on peut citer celles de Bolomey, Dreux, Faury, Joisel et Valette. Les différences principales entre ces méthodes résident entre autres dans la définition de la courbe granulométrique de référence, selon que l'on inclue ou non le ciment dans les matières fines. Pourtant, toutes ont un point commun, elles dépendent de paramètres qui sont intimement reliés aux caractéristiques morphologiques des matériaux utilisés (nature et qualité des granulats, type de liant, etc.). C'est pourquoi, connaissant la nature éminemment variable des composants du béton et surtout des granulats, il est absolument nécessaire lors de la définition d'une composition de béton de compléter le calcul théorique des quantités des divers composants par un essai de gâchage et par des essais de résistance après durcissement. Pour le béton frais, l'essai de gâchage permet de contrôler que les propriétés du béton frais sont conformes aux exigences, ou sinon d'effectuer les corrections nécessaires (soit en agissant sur la composition, soit au moyen d'adjuvants). Il faut noter aussi qu'une étude effectuée en laboratoire doit généralement être adaptée ultérieurement aux conditions réelles du chantier.

## OBJECTIFS

- Initiation à l'examen visuel des granulats et à l'analyse granulométrique.
- Détermination de la composition granulométrique et le calcul de la composition du béton en variant plusieurs paramètres (la quantité d'eau, le type granulométrie,...).
- Essais de gâchage, de contrôle de la consistance et fabrication des éprouvettes pour le contrôle de la qualité du béton durci.
- Fabrication d'un élément de structure sous forme de poutrelle en béton armé.

---

## 1. EXAMEN VISUEL DE QUELQUES ECHANTILLONS DE GRANULATS

---

<b>BUT</b>	Contrôler rapidement la qualité d'un granulat
<b>METHODE</b>	Examen visuel
<b>INTERPRETATION</b>	<p>Un jugement global peut être porté sur la base des critères suivants :</p> <p><i>Nature</i>: matériau roulé ou concassé ;</p> <p><i>Forme</i> :les formes allongées, aplaties ou en aiguilles sont à proscrire.</p> <p><i>Propreté</i> : les impuretés argileuses et limoneuses sont nuisibles, l'excès de matières fines,les déchets de bois sont nuisibles au-delà d'une certaines proportions</p> <p><i>Matières nuisibles</i> : les micas, le gypse, les scories, le charbon, les matières organiques.</p>
<b>TRAVAIL</b>	Examiner et juger les échantillons préparés à cet effet

Echatillon	nature	forme	propreté	matières nuisibles	jugement
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

## 2. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

**BUT** Déterminer les proportions des grains de chaque dimension.

**METHODE** L'analyse s'effectue par tamisage avec un jeu normalisé de tamis et de passaires.  
On superpose les tamis par dimensions croissantes, et l'on place un récipient sans ouverture sous la pile. Après tamisage, on mesure les refus de chaque tamis ainsi que le tamisat ayant passé à travers le tamis le plus fin.

La composition granulométrique d'un granulat destiné à la fabrication d'un béton doit être comprise dans un fuseau de tolérance défini par la norme SIA 162 (voir Fig.1).

La courbe granulométrique est la carte d'identité d'un granulat. Elle indique les proportions des grains de chaque dimension. On représente en abscisse l'ouverture des tamis selon une échelle logarithmique et en ordonnée les tamisats cumulés selon une échelle normale.

**TRAVAIL**

Analyser le granulat préparé à cet effet; remplir le tableau des mesures et établir la courbe granulométrique sur la Fig.2.

Tamis	Refus en g	Refus par tamis %	Refus cumulé %	Tamisat cumulé %
<b>Totaux</b>				

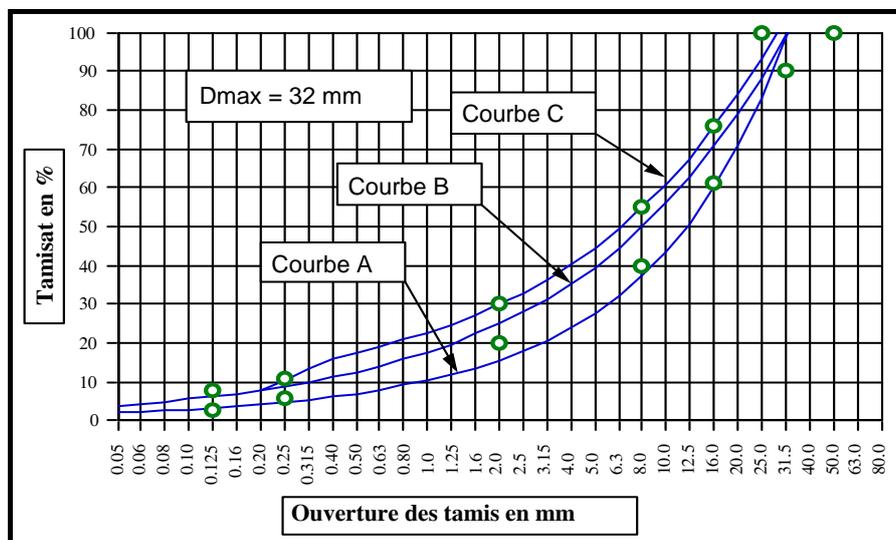


Fig.1 Fuseau SIA 162

### 3. COMPOSITION GRANULOMETRIQUE

<p><b>BUT</b></p>	<p>Déterminer les proportions de chaque classe de granulats afin d'obtenir un béton compact et facile à mettre en œuvre.</p>												
<p><b>METHODE</b></p>	<p>Il existe diverses courbes granulométriques de référence. Celles préconisées par la norme SIA 162 sont du type continue et ne contenant pas le ciment. Pour chaque diamètre maximal d'agrégats, des fuseaux de tolérance sont délimités par les trois courbes suivantes :</p> $A. \quad p = 50 \left( \frac{d}{D_{max}} + \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} \right)$ $B. \quad p = 100 \sqrt{\frac{d}{D_{max}}}$ <p>C. 5% au dessus de B au-dela de <math>d = 0.4mm</math></p> <p>Le travail de composition consiste à trouver les proportions de chaque classe d'agrégat dont on dispose, voir Fig.2</p>												
<p><b>TRAVAIL</b></p>	<p>Calculer la composition granulométrique pour un béton proche de la courbe B avec <math>D_{max}=15</math> mm, connaissant les courbes granulométriques élémentaires des classes (Fig.2) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable            0-3 mm</li> <li>- gravillon       3-8 mm</li> <li>- gravier          8-15 mm</li> </ul> <p>Compositions admises :</p> <table border="1" data-bbox="549 1447 1449 1706"> <thead> <tr> <th>Béton</th> <th>Sable 0-3</th> <th>Gravillon 3-8</th> <th>Gravier 8-15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>G1-G3</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>G2-G4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Béton	Sable 0-3	Gravillon 3-8	Gravier 8-15	<b>G1-G3</b>				<b>G2-G4</b>			
Béton	Sable 0-3	Gravillon 3-8	Gravier 8-15										
<b>G1-G3</b>													
<b>G2-G4</b>													

**OBSERVATIONS**

.....

.....

.....

.....

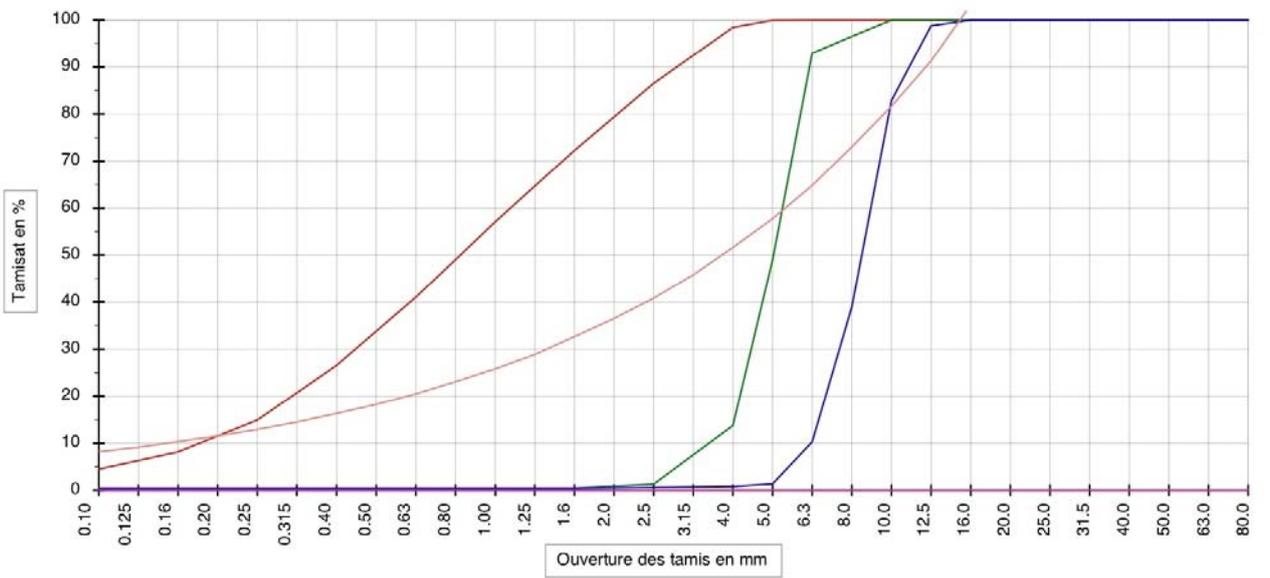
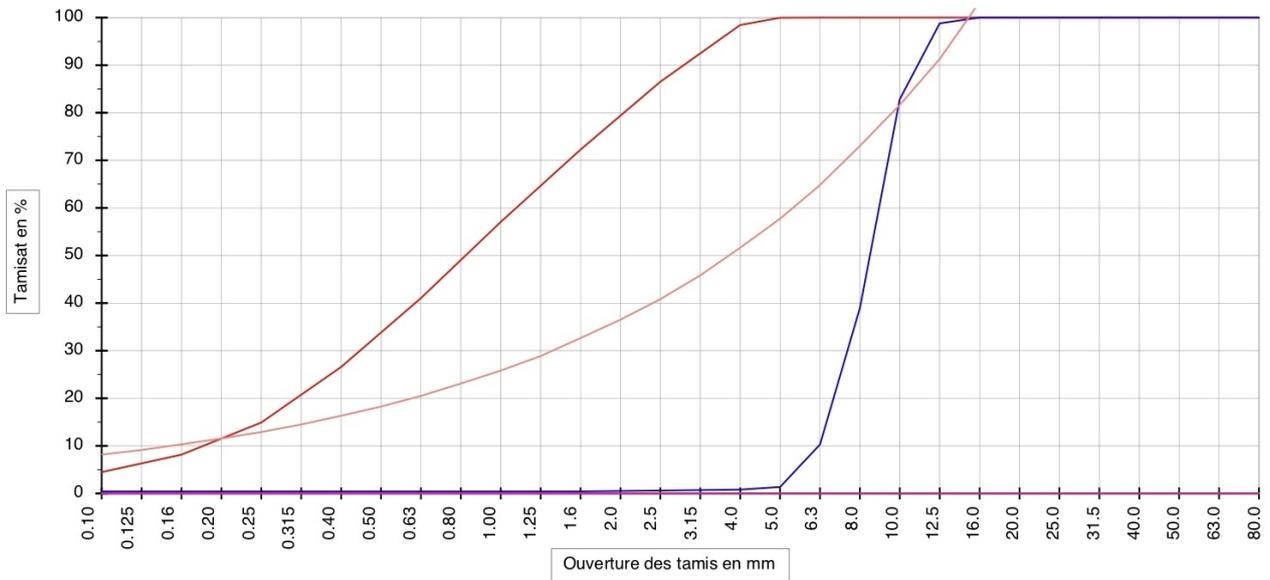


Fig.2 Construction de la courbe de la classe manquante

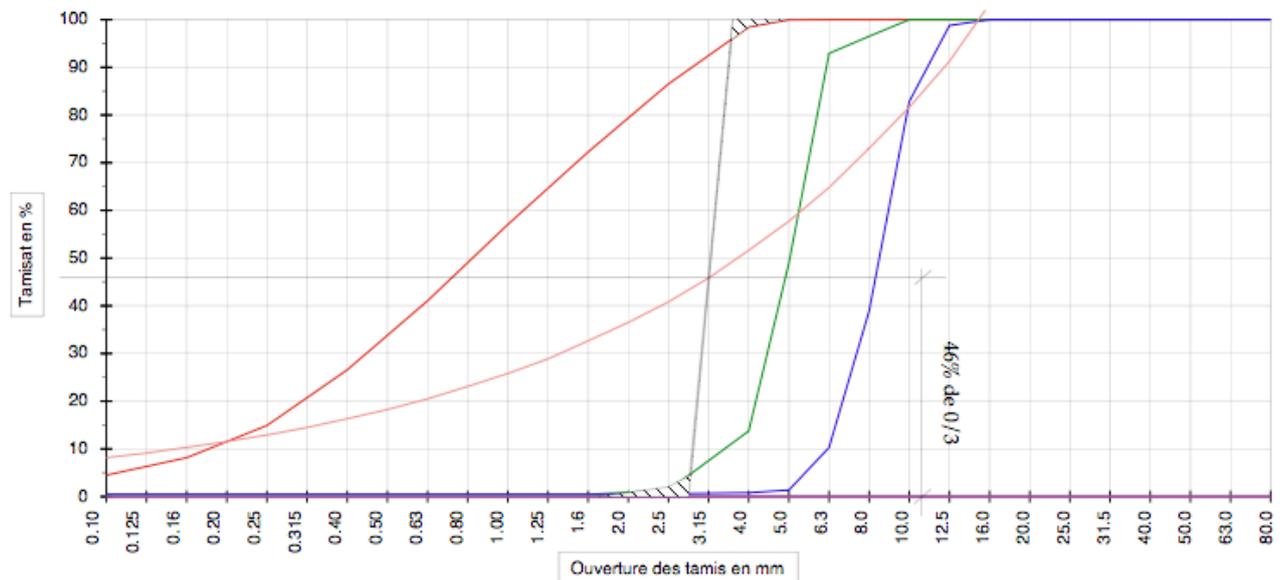


Fig.3 Détermination du % d'un granulat en tenant compte du recouvrement

## 4. COMPOSITION D'UN BETON

<b>BUT</b>	Déterminer les proportions de ciment, d'eau, de granulats et d'adjuvants éventuels devant entrer dans la composition d'un béton dont on exige certaines performances.
<b>METHODE</b>	<p>La méthode est essentiellement basée sur l'expérience qui permet d'estimer les quantités de ciment et d'eau nécessaires. Sachant que par ailleurs le volume des vides est de l'ordre de 10% de celui de l'eau pour les bétons courants, on peut déterminer le volume des granulats et leur masse nécessaire pour 1 m<sup>3</sup> de béton par les relations suivantes :</p> $c + e + g + v = 1000$ $C + E + G = \rho_b$ <p><math>v</math> est le volume des vides ; <math>v \approx 10\%</math> du volume d'eau.  <math>C</math> est le poids de ciment par m<sup>3</sup> de béton ; <math>E</math> est celui de l'eau et <math>G</math> celui du granulat.  <math>c</math> est le volume du ciment; <math>e</math> est celui de l'eau et <math>g</math> celui du granulat.</p> <p>Connaissant le dosage en ciment, le rapport E/C et leurs masses volumiques respectives on peut retrouver le volume des granulats et donc leur poids G.  On admet les masses volumiques suivantes :  <math>\rho_c = 3.1</math>; <math>\rho_g = 2.67</math></p>
<b>TRAVAIL</b>	A partir de la composition des courbes granulométriques obtenues en 3, composer les bétons suivants et confectionner les éprouvettes indiquées ci-dessous. Utiliser les tableaux de la page suivante.

Groupe	Type de béton
<b>G1-G3</b>	Gâchée de 25 l
	0-15 ; <b>E/C = 0.45</b> , C=375 kg/m <sup>3</sup> 1 prisme + 2 cylindres
<b>G2-G4</b>	Gâchée de 25 l
	0-15 ; <b>E/C = 0.55</b> , C=325 kg/m <sup>3</sup> 1 prisme + 2 cylindres

Béton G1/G3.	Masse spécifique	Poids (Kg) / m <sup>3</sup>	Volume abs. / m <sup>3</sup>	Poids / ... l
Ciment	3.1	C = .....	c = .....	....
Eau	1	E = .....	e = .....	....
Granulat 0/3	2.68	$G = \sum G_i = ?$ .....	$g = \sum g_i = ?$ .....	....
Granulat 3/8	2.68			....
Granulat 8/15	2.68			....
Air	-----	-----	v = ....	-----
Totaux		1000 $\rho_b = \dots$	1000	

Béton G2/G4.	Masse spécifique	Poids (Kg) / m <sup>3</sup>	Volume abs. / m <sup>3</sup>	Poids / ... l
Ciment	3.1	C = .....	c = .....	....
Eau	1	E = .....	e = .....	....
Granulat 0/3	2.68	$G = \sum G_i = ?$ .....	$g = \sum g_i = ?$ .....	....
Granulat 3/8	2.68			....
Granulat 8/15	2.68			....
Air	-----	-----	v = ....	-----
Totaux		1000 $\rho_b = \dots$	1000	

## MODE OPERATOIRE : GACHAGE ET FABRICATION DES EPROUVETTES

- Contrôler que tous les composants nécessaires sont préparés.
- Vérifier que les granulats sont bien secs.
- Préparer les moules en indiquant la référence du groupe et la date.
- Mouiller l'intérieur du malaxeur.
- Mouiller les appareils de mesure de la consistance.
- Introduire les granulats et le ciment dans le malaxeur.
- Mélanger 15 secondes à sec puis introduire au fur et à mesure l'eau de gâchage.
- Malaxer en tout 2 minutes.
- Mesurer la consistance au moyen du cône d'Abrams (Fiche 5) et de la table à secousses (Fiche 6) à la fin du malaxage.
- Mesurer la masse volumique apparente du béton.
- Remplir les cylindres et le(s) prisme(s) et les compacter à l'aide du pervibrateur.
- Couvrir la surface des éprouvettes d'un couvercle.

## 5. MESURE DE LA CONSISTANCE DU BETON – SLUMP TEST

### BUT

Le slump test ou le cône d'Abrams permet d'évaluer la consistance d'un béton courant, c'est-à-dire ni trop sec ni trop fluide. Cette méthode convient bien pour le contrôle du béton sur chantier lors de la réception.

### METHODE

La consistance est caractérisée par l'affaissement, mesuré en mm après démoulage, d'un cône de béton de forme normalisée.

*Mode opératoire :*

- Mouiller l'intérieur du moule.
- Placer le moule avec la rehausse sur un support rigide et horizontal, mais non absorbant.
- A l'aide d'une truelle remplir le moule de béton frais, en trois couches d'à peu près même hauteur, éviter le déplacement du moule en pesant sur les pattes de calage.
- Compacter chaque couche par 25 coups de barre.
- Retirer la rehausse, araser le dessus du moule et nettoyer le support autour du moule.
- Retirer le moule verticalement avec précaution.
- Mesurer l'affaissement du cône par rapport à la hauteur initiale (moule).

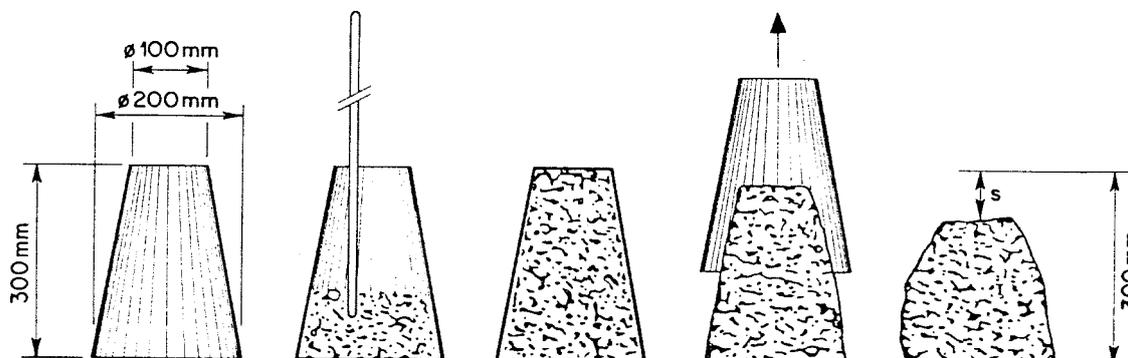
### INTERPRETATION

Consistance	plastique	molle	fluide
Slump en cm	1 à 7	8 à 15	$\geq 16$

### TRAVAIL

Effectuer les mesures de slump sur le béton étudié.

Consistance	G1/G3	G2/G4	Poutre
Slump en cm			



### OBSERVATIONS

-----  
-----

## 6. MESURE D'ETALEMENT- FLOW TEST

### BUT

L'essai d'étalement ou fow-test, permet d'évaluer la consistance d'un béton plastique ou fluide. Cette méthode ne convient pas pour les bétons raides ou fermes ; elle est essentiellement utilisée en laboratoires.

### METHODE

La consistance est caractérisée par l'étalement, mesuré en mm, d'un cône de béton de forme normalisée après une série de secousses imposées à une table normalisée.

*Mode opératoire :*

- Mouiller le plateau de la table et l'intérieur du moule.
- Placer la table sur un support rigide et horizontal.
- A l'aide d'une truelle remplir le moule de béton frais, en deux couches d'à peu près même hauteur, éviter le déplacement du moule en pesant sur les pattes de calage.
- Compacter chaque couche par 10 coups de barre.
- Retirer la réhausse, araser le dessus du moule et nettoyer la table autour du moule.
- Soulever lentement le plateau supérieur jusqu'à la butée et le laisser retomber librement quinze fois en quinze secondes.
- Mesurer la galette en deux diamètres perpendiculaires  $d_1$  et  $d_2$  et en calculer la moyenne  $d$ .

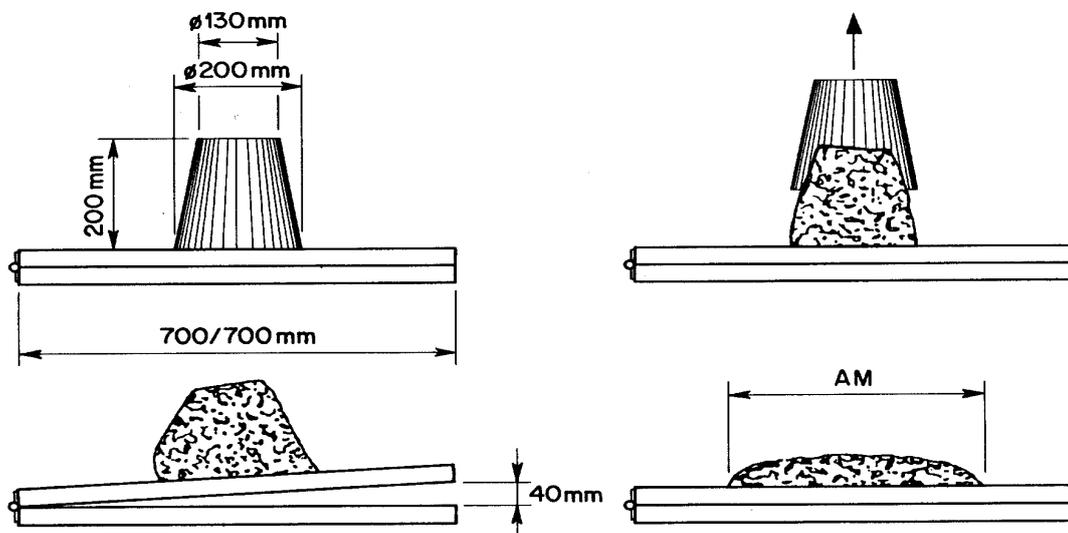
### INTERPRETATION

Consistance	plastique	molle	fluide
étalement en cm	30 à 40	41 à 50	$\geq 51$

### TRAVAIL

Effectuer les mesures l'étalement sur le béton étudié.

Consistance	G1/G3	G2/G4	Poutre
étalement en cm			



## 7. FABRICATION D'UN ELEMENT EN BETON ARME

### BUT

Le but est de se familiariser avec les principaux aspects et les différentes étapes de fabrication d'une poutre en béton armé. Cette dernière sera soumise lors d'une autre séance à un essai de flexion simple par paliers jusqu'à la rupture.

### METHODE

Les détails de l'élément à fabriquer sont indiqués sur la Fig.4 De manière à pouvoir préparer deux poutres et un cylindre 16x32 cm, les composants ont été préparés à l'avance pour réaliser un volume de 110 litres.

### TRAVAIL

Ciment	Eau	Sable 0-3	Gravillon 3-8	Gravier 8-15

- Mesurer le slump et l'étalement du béton de la poutre
- Compléter les éléments de la cage d'armature sans oublier les taquets d'espacement
- Contrôler la conformité du coffrage (dimensions, solidité, étanchéité,...).
- Mettre en place la cage d'armature dans le coffrage ( $\varnothing$  12 en bas).
- Malaxer les ingrédients du béton déjà préparés (granulats + ciment 10 secondes puis ajouter toute l'eau et malaxer en tout environ 2 minutes).
- Mettre en place le béton dans le coffrage.
- Compacter le béton de la poutre à l'aide du pervibrateur.
- Préparer l'éprouvettes de béton témoin: 1 cylindres 16/32.
- Talocher la surface de la poutre et la recouvrir d'une feuille de plastique pour la protéger de la dessiccation.

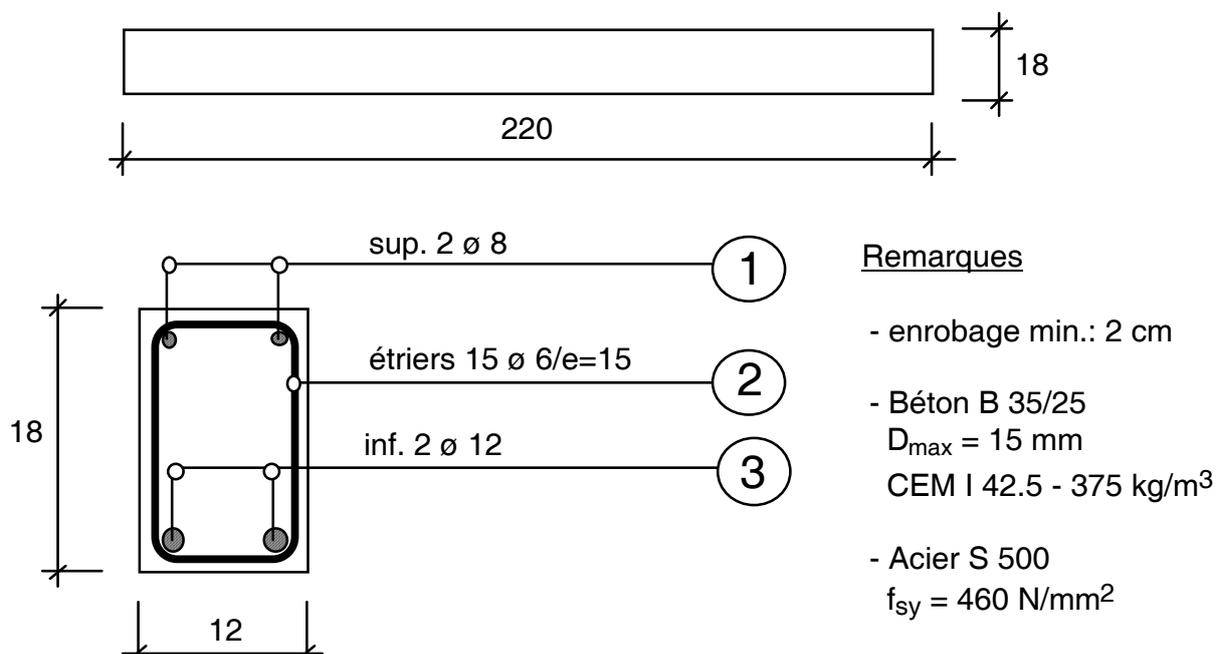


Fig4. Coffrage et armature

# Préparation de gachée, vol=110l

Date de bétonnage: \_\_\_\_\_

Affaire: \_\_\_\_\_

N° de série: \_\_\_\_\_

Préparateur de la gachée: \_\_\_\_\_

Composant	Marque	Poids en kg (calculé)	Poids en kg (effectif)
<b>Ciment</b>	CEM I - Normo 4	<b>41.7</b>	
0/3	Sergey	<b>70.5</b>	
3/8	Sergey	<b>54.4</b>	
8/16	Sergey	<b>76.6</b>	
16/32	Sergey		
<b>Adjonction</b>			
Eau		<b>20.785</b>	
<b>Adjuvant</b>			

<b>Heure de fabrication:</b>		<b>Aéromètre:</b>	
Température de l'air:		- poids du béton:	
Température du béton:		- béton + eau:	
<b>Teneur en air %</b>		- volume de l'eau	
<b>Consistance, slump:</b>		- volume de l'appareil:	<b>8110</b>
----- <b>étalement:</b>		- volume du béton:	<b>8110</b>
----- <b>Walz:</b>		<b>Densité</b>	

## Fabrication d'éprouvettes

Nombre					
Essai					
N° de labo					

---

## 8. MESURE DE LA TENEUR EN AIR (AEROMETRE)

---

**BUT** Lors du gâchage du béton, il est intéressant de mesurer la teneur en air du béton frais ; cette valeur donne une première indication concernant la compacité du mélange.

**METHODE** La méthode est basée sur la compressibilité de l'air contenu dans le béton frais. Un volume déterminé de béton est mis en communication avec un volume connu d'air en surpression. La valeur de la pression résultante permet de déterminer la teneur en air du béton (application de la loi de Mariotte).

Pour être certain que l'enceinte contenant le béton soit parfaitement remplie, on complète avec de l'eau après la mise en place du couvercle, sans oublier de vibrer le béton.

La teneur en air du béton peut être lue directement sur le manomètre étalonné en fonction des caractéristiques de l'appareil.

### INTERPRETATION

La teneur en air du béton est fonction du diamètre maximum des granulats ( $D_{max}$ ). Pour un béton sans air occlus et de bonne composition granulométrique, la teneur en air doit être inférieure ou égale aux valeurs suivantes :

$D_{max}$ (mm)	10	12.5	20	25	40
Teneur en air en %	3	2.5	2	1.5	1

### TRAVAIL

Mesurer la teneur en air et la masse volumique apparente du béton de la poutrelle. Commenter.



---

## 9. PLAN SUGGERE POUR LE RAPPORT

---

- les deux groupes doivent se passer les résultats entre eux. Ainsi chaque groupe pourra constater l'influence des différents paramètres et avoir une vue plus globale ;
  - décrire brièvement le travail effectué ;
  - rapporter toutes les mesures faites au cours du TP ;
  - présenter les résultats par des graphiques en mettant en évidence, par exemple, la consistance en fonction de divers paramètres ;
  - discuter les résultats ;
  - répondre aux questions posées.
- 
- **Questions :**
1. Parmi les granulats roulés et concassés, lesquels sont plus favorables à l'ouvrabilité du béton ? Expliquer pourquoi.
  2. Pourquoi doit-on utiliser des granulats propres dans la fabrication du béton ?
  3. Quelles sont les formes de granulats à éviter dans la fabrication des bétons ? Quelles caractéristiques du béton frais ou durci sont directement influencées par ces formes ?
  4. Comment varie le dosage en ciment en fonction du  $D_{max}$  ? Expliquer pourquoi.
  5. Laquelle des deux courbes de référence A et B de la norme SIA 162 contient-elle plus d'éléments fins ? Quelle est la conséquence sur la rhéologie du béton frais ?
  6. Comparer les valeurs de consistance obtenues par les deux méthodes de mesure utilisées. Ces deux méthodes donnent-elles des résultats équivalents ?
  7. Représenter graphiquement la variation de la consistance en fonction du rapport E/C. Commenter.
  8. Quels sont les critères qui déterminent le choix du  $D_{max}$  du béton pour la fabrication de la poutrelle ? Le diamètre choisi ( $D_{max}=15$  mm) répond-t-il à ces exigences ?
  9. Comparer les masses volumiques apparentes théoriques à celles mesurées par le pycnomètre. S'il y a une différence, à quoi peut-elle être attribuée, et quelles en sont les conséquences ?
  10. Calculer les valeurs théoriques de la teneur en air et la masse volumique apparente du béton de la poutrelle. Comparer ces valeurs aux valeurs réelles mesurées avec l'aéromètre. Commenter.

<b>Masse volumique et teneur en air - SIA 162/1, Essai n° 18 et 21</b>				
		Groupe		
		G1 - G3	G2 - G4	Poutre
Dosage ciment - E/C	n°	375 - 0.45	325 - 0.55	375 - 0.50
Masse de l'appareil (tare)	g			
Masse du béton frais + tare	g			
Masse du béton frais + tare + eau ajoutée	g			
Masse du béton:	g			
Volume de l'appareil	cm <sup>3</sup>	8000	8000	8110
<b>Masse volumique du béton frais</b>	kg/m <sup>3</sup>			
<b>Teneur en air (% du volume du béton)</b>	%			

<b>Consistance - SIA 162/1, Essai n° 20</b>				
Domaine de consistance		Affaissement SM (slump) [cm]	Etalement AM [cm]	Degré de serrage VM (Walz)
Ferme	K1	non appropriée	non appropriée	≥1.26
Plastique	K2	1 à 7	30 à 40	1.25 à 1.11
Molle	K3	8 à 15	41 à 50	≤ 1.10
Fluide	K4	≥16	≥ 51	non appropriée
Groupe G1 - G3				
Groupe G2 - G4				
Poutre				

<b>Essais sur éprouvettes</b>				
essai	Unité	Groupes G1 - G3 Béton E/C = 0.45	Groupes G2 - G4 Béton E/C = 0.55	Poutre Béton E/C = 0.50
Masse vol. béton durci	kg/dm <sup>3</sup>			
Vitesse du son	m/s			
Scléromètre	-			
Module dynamique	GPa			
Flexion	N/mm <sup>2</sup>			
Traction transversale	N/mm <sup>2</sup>			
Compression sur demi prisme	N/mm <sup>2</sup>			
Compression sur cylindre	N/mm <sup>2</sup>			